

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-183818

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.Cl.

H04B 10/02

H04B 10/18

H04B 3/04

H04B 15/00

(21)Application number : 10-360572

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 18.12.1998

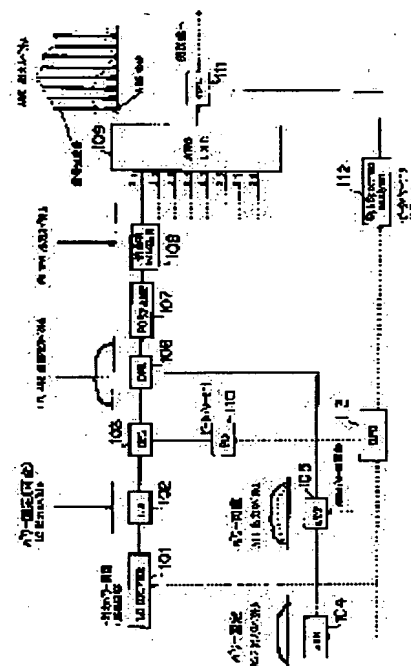
(72)Inventor : SHIMOKAWA HIROYUKI
HARASAWA SHINICHIRO

(54) TRANSMISSION CHARACTERISTIC EQUALIZING DEVICE AND METHOD FOR WAVELENGTH-DIVISION MULTIPLEX OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To really optimize transmission characteristics by equalizing transmission error rates among signal light rays on a reception side by adjusting OSNR (optical signal-to-noise ratio) on a transmission side by wavelength-division multiplex optical transmission technology.

SOLUTION: In pre-emphasis setting on the transmission side, a coupler 106 multiplexes the output of a laser diode 102 for respective signal lights and natural light noise outputted by an ASE output part 104 and an attenuator 105 varies the output power of the natural light noise at this time. In this case, the difference value from the current OSNR value is calculated as a tolerance on the basis of the OSNR value corresponding to the target lower-limit value of a Q value on the transmission side. Then the attenuator 105 is controlled so that the tolerance of OSNR reaches the mean value of tolerances of all signal light rays.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-183818

(P2000-183818A)

(43)公開日 平成12年6月30日(2000.6.30)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 4 B 10/02		H 0 4 B 9/00	M 5 K 0 0 2
10/18		3/04	C 5 K 0 4 6
3/04		15/00	5 K 0 5 2
15/00			

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平10-360572

(22)出願日 平成10年12月18日(1998.12.18)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 下川 広之

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 原沢 伸一郎

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100074099

弁理士 大曾 義之 (外1名)

最終頁に続く

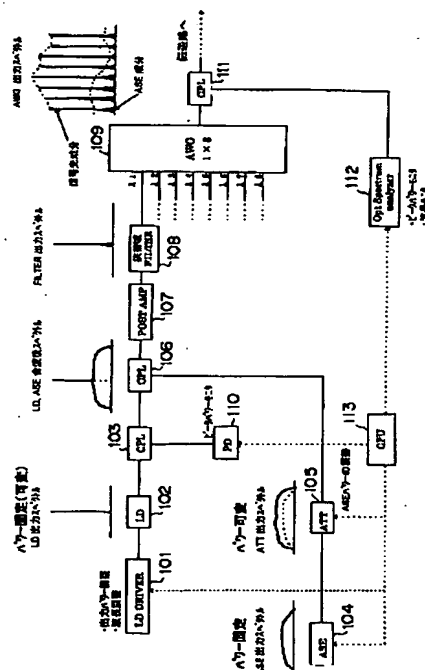
(54)【発明の名称】 波長分割多重光通信システムにおける伝送特性均一化装置及び方法

(57)【要約】

【課題】 波長分割多重光通信技術において、送信側で O S N R (信号対雑音比)を調整することにより、受信側で各信号光間の伝送誤り率を均一化して伝送特性の真の最適化を図ることにある。

【解決手段】 送信側のプリエンファシス設定では、各信号光のレーザダイオード102の出力と、ASE出力部104から出力される自然光雑音とがカプラ106で合波され、そのときの自然光雑音の出力パワーがアッテネータ105によって変化させられる。この場合に、受信側でのQ値の目標下限値に対応するO S N Rの値を基準値として、それと現在のO S N Rの値との差分値が余裕度として算出される。そして、O S N Rの余裕度が、全信号光の余裕度の平均値になるように、アッテネータ105が制御される。

本発明の実施の形態における送信部の構成図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 波長分割多重光通信システムにおいて伝送特性を均一化させるための装置であって、

波長分割多重される各信号光毎に、信号対雑音比の変化と受信側での伝送誤り率の変化との関係を算出する関係算出手段と、

該関係に基づいて、前記受信側での各信号光間の伝送誤り率が均一になるように前記各信号光の信号対雑音比を変化させる信号対雑音比変化手段と、

を含むことを特徴とする伝送特性均一化装置。

【請求項 2】 波長分割多重光通信システムにおいて伝送特性を均一化させるための方法であって、

波長分割多重される各信号光毎に、信号対雑音比の変化と受信側での伝送誤り率の変化との関係を算出し、

該関係に基づいて、前記受信側での各信号光間の伝送誤り率が均一になるように前記各信号光の信号対雑音比を変化させる、

過程を含むことを特徴とする伝送特性均一化方法。

【請求項 3】 波長分割多重光通信システムにおいて伝送特性を均一化させるための装置であって、

波長分割多重される各信号光毎に、受信側での伝送誤り率の目標下限値に対応する信号対雑音比の値を基準値として、それと現在の信号対雑音比の値との差分値を余裕度として算出する余裕度算出手段と、

前記各信号光毎に、その信号対雑音比の余裕度が前記余裕度算出手段により算出された各信号光毎の余裕度から求まる所定値になるようにその信号対雑音比を制御する信号対雑音比制御手段と、

を含むことを特徴とする伝送特性均一化装置。

【請求項 4】 波長分割多重光通信システムにおいて伝送特性を均一化させるための方法であって、

波長分割多重される各信号光毎に、受信側での伝送誤り率の目標下限値に対応する信号対雑音比の値を基準値として、それと現在の信号対雑音比の値との差分値を余裕度として算出し、

前記各信号光毎に、その信号対雑音比の余裕度が前記算出された各信号光毎の余裕度から求まる所定値になるようにその信号対雑音比を制御する、

過程を含むことを特徴とする伝送特性均一化方法。

【請求項 5】 波長分割多重光通信システムにおいて伝送特性を均一化させるための装置であって、

波長分割多重される各信号光毎に、信号対雑音比の初期値を記憶する第 1 の記憶手段と、

前記各信号光毎に、受信側での伝送誤り率が目標下限値に下がるまで、該信号光に自然光雑音を重畳させて信号対雑音比を順次減少させる信号対雑音比減少手段と、

前記各信号光毎に、受信側での伝送誤り率が前記目標下限値になったときの信号対雑音比の値を目標下限値として記憶する第 2 の記憶手段と、

前記各信号光毎に、前記第 1 の記憶手段に記憶されてい

る初期値から前記第 2 の記憶手段に記憶されている目標下限値までの変化幅を余裕度として算出する余裕度算出手段と、

前記各信号光毎に、前記余裕度算出手段により算出された各信号光毎の余裕度から求まる所定値と前記第 1 の記憶手段に記憶されている初期値との差分を算出し、それを該信号光に対応する信号対雑音比のプリアンファシス量として算出するプリアンファシス量算出手段と、

前記各信号光毎に、前記プリアンファシス量に対応する自然光雑音を該信号光に重畳させてその信号対雑音比を制御する信号対雑音比制御手段と、

を含むことを特徴とする伝送特性均一化装置。

【請求項 6】 波長分割多重光通信システムにおいて伝送特性を均一化させるための方法であって、

波長分割多重される各信号光毎に、信号対雑音比の初期値を記憶し、

前記各信号光毎に、受信側での伝送誤り率が目標下限値に下がるまで、該信号光に自然光雑音を重畳させて信号対雑音比を順次減少させ、

前記各信号光毎に、受信側での伝送誤り率が前記目標下限値になったときの信号対雑音比の値を目標下限値として記憶し、

前記各信号光毎に、前記記憶されている初期値から前記記憶されている目標下限値までの変化幅を余裕度として算出し、

前記各信号光毎に、前記算出された各信号光毎の余裕度から求まる所定値と前記記憶されている初期値との差分を算出し、それを該信号光に対応する信号対雑音比のプリアンファシス量として算出し、

前記各信号光毎に、前記プリアンファシス量に対応する自然光雑音を該信号光に重畳させてその信号対雑音比を制御する、

過程を含むことを特徴とする伝送特性均一化装置。

【請求項 7】 請求項 5 又は 6 に記載の装置又は方法であって、

前記信号光への前記自然光雑音の重畳は、送信側で行われる、

ことを特徴とする伝送特性均一化装置又は方法。

【請求項 8】 請求項 5 又は 6 に記載の装置又は方法であって、

前記信号光への前記自然光雑音の重畳は、受信側で行われる、

ことを特徴とする伝送特性均一化装置又は方法。

【請求項 9】 請求項 3 乃至 8 の何れか 1 項に記載の装置又は方法であって、

前記各信号光毎の余裕度から求まる所定値は、前記各信号光毎の余裕度の平均値である、

ことを特徴とする伝送特性均一化装置又は方法。

【請求項 10】 請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項に記載の装置又は方法であって、

前記伝送誤り率はQ値又はビットエラーレートの何れかである、

ことを特徴とする伝送特性均一化装置又は方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長分割多重光通信技術に係り、更に詳しくは、すべての信号光を同じ伝送特性で伝送するための伝送特性の均一化技術に関する。

【0002】

【従来の技術】波長分割多重(WDM: Wave Divisional Multiplex)光通信システムでは、すべての信号光を同じ伝送特性で伝送することを、伝送特性の最適化と呼んでいる。ここで、当該システムには、図10に示されるように、送信部、伝送路、受信部に、図中に示したような伝送特性の劣化が存在し、しかも、各信号光間で伝送特性の劣化状態が異なっている。

【0003】また、システムの運用時に、伝送区間の修理による増幅器やケーブルの割入れ、又はファイバの経年劣化等によって、上記各信号光における伝送特性の劣化状態が異なってくる。

【0004】このため、絶えず送信側の各信号光のプリエンファシスを設定し、受信側における伝送特性を最適化することが必須である。なお、プリエンファシスとは、各信号光のパワーの強弱を制御することをいう。

【0005】上記各信号光間の伝送特性の差は、受信側で、OSNR (Optical Signal to Noise Ratio: 信号対雑音比)、BER (Bit Error Rate: ビット誤り率)、又はQ値のばらつきとして観測することができる。

【0006】図11は、従来技術におけるプリエンファシスと伝送後のOSNRの関係を示す図である。

【0007】従来は、伝送特性を最適化するために、受信側のOSNRを均一化する技術が知られている。この技術では、受信側の各信号光のOSNRをモニタして算出される各信号光間のOSNRのばらつきが、プリエンファシス量として送信側にフィードバックされることにより、送信側のプリエンファシスが設定される。プリエンファシスの設定方法としては、各信号光の出力パワーが直接変化させることによりOSNRを調整する方法が採られている。

【0008】この結果、プリエンファシスが設定されていない送信光スペクトル1が伝送路上を伝送された場合、それに対応する受信光スペクトル1はOSNRのばらつきが大きい、プリエンファシスが設定された送信光スペクトル2が伝送路上を伝送された場合には、それに対応する受信光スペクトル2はOSNRのばらつきが圧縮される。

【0009】図12は上記従来技術の送信部の構成図、図13は同じく受信部の構成図である。

【0010】まず、図12に示される構成を有する送信

部の動作について説明する。

【0011】送信部は、各波長毎に、レーザダイオードドライバ(LD DRIVER)1201、レーザダイオード(LD)1202、アッテネータ(ATT)1203、カプラ(CPL)1204、ポストアンプ(POST AMP)1205、フォトダイオード(PD)1208を有する。レーザダイオードドライバ1201は、出力パワーと各信号光に対応する波長を調整しながら、レーザダイオード1202を駆動する。レーザダイオード1202から出力された信号光は、アッテネータ1203及びカプラ1204を介してポストアンプ1205に入力し、そこで増幅される。各ポストアンプ1205から出力された信号光は、アレイドウェーブガイドグレーティング(AWG)1206によって合波され、カプラ1207を介して伝送路へ出力される。

【0012】図12に示される構成において、各信号光毎に、カプラ1204で各信号光の一部が分岐させられてフォトダイオード1208により検出され、その検出結果がCPU1210に入力させられる。一方、AWG1206から伝送路に出力される送信信号光の一部がカプラ1207で分岐させられて光スペクトラムアナライザ1209に入力させられる。光スペクトラムアナライザ1209は、送信信号光のピークパワーと波長をモニタし、その結果をCPU1210に通知する。CPU1210は、各信号光毎のフォトダイオード1207の出力と、光スペクトラムアナライザ1209の出力とに基づいて、各信号光毎のレーザダイオードドライバ1201及びアッテネータ1203を制御する。

【0013】次に、図13に示される構成を有する受信部の動作について説明する。

【0014】受信部では、まず、伝送路から受信される受信信号光は、カプラ1301を介してAWG1302に入力され、そこで各波長の信号光が分離される。

【0015】受信部は、各波長毎に、各波長の信号光を取り出すためのフィルタ(FILTER)1303、インラインアンプ(INLINE AMP)1304、分散補償ファイバ(DCF)1305、光/電気変換器(O/E)1306、符号誤り検出訂正回路(FEC)1307、及び電気信号分離回路(DEMUX)1308を有する。

【0016】図13に示される構成では、従来技術として、受信信号光の一部がカプラ1301で分岐させられて光スペクトラムアナライザ1309に入力させられる。光スペクトラムアナライザ1309は、各受信信号光のOSNRを計測し、その結果をCPU1310に通知する。CPU1310は、各受信信号光間のOSNRのばらつきを、プリエンファシス量として所定の通信回線を使って送信側にフィードバックする。

【0017】これに対して、図12に示される構成を有する送信部では、CPU1210が上記プリエンファシス量を受信し、それに基づいて各信号光毎のレーザダイ

オードドライバ1201を制御する。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、従来技術では、伝送特性を最適化するために、OSNRに着目し、各信号光間でOSNRのみに対して均一化を行っていた。ここで、一般にデジタル伝送においては、伝送特性として最も重要なファクタは伝送誤り率である。従って、伝送特性の最適化において重要なことは、各信号光間の伝送誤り率を均一化することである。しかし、従来技術では、各信号光間のOSNRが均一化されたとしても、そのことが必ずしも各信号光間の伝送誤り率が均一化されることにはならなかった。

【0019】即ち、伝送誤り率としては具体的には、BERやQ値を上げることができるが、従来技術では、図14(a)に示されるように、信号光1, 2, 及び3間でOSNRが均一化されたとしても、各信号光のQ値がずれてしまい、伝送誤り率が均一にならないという問題点を有していた。

【0020】また、従来技術では、送信側のプリエンファシスの設定方法として、CPU1210が、各信号光毎に、レーザダイオードドライバ1201を制御することによりレーザダイオード1202の出力パワーを直接変化させていた。しかし、この方法では、他の信号光のピークパワーも同時に変化し、各信号光のプリエンファシス設定がずれてくるため、各信号光のパワーバランスを見ながら各信号光のプリエンファシス設定を繰り返す必要があるという問題点を有していた。

【0021】本発明の課題は、図14(b)に示されるように、送信側でOSNRを調整することにより、受信側で各信号光間の伝送誤り率を均一化して伝送特性の真の最適化を図ることにある。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明は、波長分割多重光通信システムにおいて伝送特性を均一化させるための装置又は方法を前提とする。

【0023】本発明の第1の形態は、以下の構成を有する。

【0024】まず、波長分割多重される各信号光毎に、信号対雑音比の変化と受信側での伝送誤り率の変化との関係が算出される。

【0025】次に、その関係に基づいて、受信側での各信号光間の伝送誤り率が均一になるように各信号光の信号対雑音比が変化させられる。

【0026】本発明の第2の形態は、以下の構成を有する。

【0027】まず、波長分割多重される各信号光毎に、受信側での伝送誤り率の目標下限値に対応する信号対雑音比の値を基準値として、それと現在の信号対雑音比の値との差分値が余裕度として算出される。

【0028】次に、各信号光毎に、その信号対雑音比の

余裕度が算出された各信号光毎の余裕度から求まる所定値になるようにその信号対雑音比が制御される。

【0029】本発明の第3の形態は、以下の構成を有する。

【0030】まず、波長分割多重される各信号光毎に、信号対雑音比の初期値が記憶される。

【0031】次に、各信号光毎に、受信側での伝送誤り率が目標下限値に下がるまで、その信号光に自然光雑音が重畳されて信号対雑音比が順次減少させられる。

【0032】次に、各信号光毎に、受信側での伝送誤り率が目標下限値になったときの信号対雑音比の値が目標下限値として記憶される。

【0033】次に、各信号光毎に、記憶されている初期値から記憶されている目標下限値までの変化幅が余裕度として算出される。

【0034】次に、各信号光毎に、算出された各信号光毎の余裕度から求まる所定値と記憶されている初期値との差分が算出され、それがその信号光に対応する信号対雑音比のプリエンファシス量として算出される。

【0035】そして、各信号光毎に、プリエンファシス量に対応する自然光雑音とその信号光に重畳されてその信号対雑音比が制御される。

【0036】ここで、上述の信号光への自然光雑音の重畳は、送信側で行われる、又は受信側で行われるように構成することができる。

【0037】上述の発明の構成において、各信号光毎の余裕度から求まる所定値は、各信号光毎の余裕度の平均値であるように構成することができる。

【0038】上述の発明の構成において、伝送誤り率はQ値又はビットエラーレートの何れかであるように構成することができる。

【0039】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0040】図1は本発明の実施の形態における送信部の構成図、図2は同じく受信部の構成図である。

【0041】図1において、レーザダイオードドライバ101、レーザダイオード102、カプラ103、ポストアンプ107、AWG109、フォトダイオード110、カプラ111、及び光スペクトラムアナライザ112は、それぞれ、図12に示される従来技術における1201、1202、1204、1205、1206、1208、1207、及び1209の各部分と同じ機能を有する。

【0042】また図2において、カプラ201、AWG202、フィルタ203、インラインアンプ204、分散補償ファイバ205、光/電気変換器207、符号誤り検出訂正回路208、電気信号分離回路209、及び光スペクトラムアナライザ213は、それぞれ図13に示される従来技術における1301~1309の各部分

と同じ機能を有する。

【0043】図14(b)に示したように、各信号光について、OSNRを変化させると、伝送特性の理想ファクタであるQ値やBERが変化することがわかる。この関係から、本実施の形態では、伝送特性の最適化のために、各信号光毎に、OSNRの変化と受信側でのQ値又はBERの変化との関係が算出され、その算出結果に基づいて、受信側での各信号光間のQ値又はBERが均一になるように各信号光のOSNRが変化させられることが、本発明に関連する特徴である。

【0044】より具体的には、図1及び図2に示される構成を有する本実施の形態では、各信号光毎に、受信側でのQ値又はBERの目標下限値に対応する送信側のOSNRの値を基準値としてそれと現在の送信側のOSNRの値との差分値が余裕度として算出され、各信号光間で上記余裕度の平均値が算出され、各信号光毎にそのOSNRの余裕度が上記平均値になるように、各信号光の送信側のOSNRに対するプリエンファシス設定が行われる。なお、この制御では、送信側のOSNRの単位変化量に対する受信側のQ値又はBERの変化量は、各信号光間でほぼ均一であると仮定されている。

【0045】受信側でQ値が測定される場合には、図2のカプラ206で取り出された各受信信号光の一部がQモニタ(Q MON)210に入力することによりそこで測定される。

【0046】受信側でBERが測定される場合には、図2の符号誤り検出訂正回路208の出力がBER測定器211に入力することによりそこで測定される。

【0047】送信側のプリエンファシス設定では、図1において、各信号光のレーザダイオード102の出力と、ASE出力部104から出力される自然光雑音(ASE: Amplified Spontaneous Emission)とがカプラ106で合波され、そのときの自然光雑音の出力パワーがアッテネータ105によって変化させられる。この場合に、合波後の信号光は、ポストアンプ107で増幅させられた後に、狭帯域フィルタ108を介してAWG109に入力する。このため、各信号光のプリエンファシス設定は、各信号光間のパワーバランスを崩すことなく、同時に行うことができる。

【0048】以下に、上記動作を実現するための具体的な動作について説明する。

【0049】まず、上記動作の前提について説明する。

【0050】OSNRは、狭帯域フィルタ108の後段で測定される場合には、自然光雑音の測定ポイントが設定しづらく測定が困難であることから、各信号光毎に狭帯域フィルタ108の前段で測定される。

【0051】レーザダイオード102の出力パワー及び波長は、フォトダイオード110によってモニタされる。そして、そのモニタ結果に基づいてCPU113が、レーザダイオードドライバ101にフィードバック

をかけることにより、上記出力パワー及び波長の設定値の補正を行う。ASE出力部104から出力される自然光雑音の出力パワーは、APC(自動パワー制御)によって常に一定に維持され、また波長特性はフラットである。そこで、CPU113は、フォトダイオード110が検出するレーザダイオード102の出力パワーと、ASE出力部104においてAPCが決定する自然光雑音の出力パワーとの比として、OSNRの初期値 E_{a1} を算出し、記憶しておく。また、CPU113は、OSNRの変化幅を、アッテネータ105の調整量として算出する。

【0052】図3は、上記動作を実現するための本発明の実施の形態の動作フローチャートであり、図4～図6はその説明図である。なお、以下の説明では、受信側でQ値がモニタされる場合を例として説明を行う。

【0053】まず、受信部のCPU212(図2)は、各信号光毎に、Qモニタ210(図2)を介して常時Q値をモニタしながら、送信部に対して、所定の通信チャネルを使って、OSNRの減少を命令する(ステップ301)。

【0054】送信部のCPU113(図1)は、各信号光毎に、上記命令を受信すると、アッテネータ105に対して指定する減衰量を増加させてOSNRを減少させる(ステップ302)。

【0055】受信部のCPU212は、各信号光毎に、Qモニタ210を介して測定されるQ値が目標下限値(図4(b)参照)まで下がったか否かを判定する(ステップ303)。

【0056】各信号光毎に、ステップ303の判定がN Oなら、受信部のCPU212は、上記ステップ301と302の動作を繰り返し実行する。

【0057】以上のようにして、各信号光毎に、図4(b)に示されるように、受信側のBER又はQ値が目標下限値に達するまで、図4(a)に示されるように、送信側で信号光に重畳される自然光雑音(ASE)が順次増加させられ、OSNRが減少させられてゆく。

【0058】各信号光について、ステップ303の判定がYESとなると、受信部のCPU212は、送信部に対して、所定の通信チャネルを使って、OSNRの変化をやめてその値を初期値に戻すことを命令する(ステップ304)。

【0059】これに対して、送信部のCPU113は、下記の一連の処理を実行する(ステップ305)。

【0060】まず、CPU113は、各信号光毎に、上記命令を受信すると、OSNRの変化を現在の値 E_{b1} で停止させ、次式によりOSNRの変化幅 E_1 を、余裕度として算出する。

【0061】

$$【数1】 E_1 = |E_{a1} - E_{b1}|$$

次に、CPU113は、全信号光について、上記数1式

によるOSNRの余裕度の算出が終了した後に、次式により各信号光間で上記余裕度の平均値 E_{AVG} を算出する。

$$E_{AVG} = (E_1 + E_2 + \dots + E_n) / n \quad (n: \text{信号光数})$$

続いて、CPU113は、各信号光毎に、次式に示されるように、数2式により算出した平均値 E_{AVG} と数1式により算出した各信号光のOSNRの余裕度との差として、プリエンファシス量 $\Delta E_1 \sim \Delta E_n$ を算出する(図5参照)。

【0063】

【数3】

$$\Delta E_1 = E_{AVG} - E_{a1}$$

$$\Delta E_2 = E_{AVG} - E_{a2}$$

...

$$\Delta E_n = E_{AVG} - E_{an}$$

CPU113は、各信号光毎に、アッテネータ105に対して、数3式により算出されたプリエンファシス量 $\Delta E_1 \sim \Delta E_n$ に対応する減衰量を設定することにより、各信号光のOSNRが上記平均値 E_{AVG} になるように制御する(図6参照)。

【0064】これ以後、CPU113は、光スペクトラムアナライザ112(図1)の出力をモニタし、各信号毎のOSNRの値が正確に E_{AVG} になるように、フィードバック制御を実行する(ステップ306)。

【0065】以上の制御動作は、システム運用中いつでも実行することができる。各信号光におけるQ値の目標下限値は、各信号光が問題なく伝送できるレベルに設定されているため、システム運用中に上記動作が実行されたとしても、各信号が不通になることはない。よって、顧客の要求に合わせて、プリエンファシス設定を実行することができる。例えば、1年間に1回、定期的に行ったり、故障箇所を修理した後に行うなど、様々な運用形態を採用することができる。

【0066】図7は、本発明の他の実施の形態における受信部の構成図である。

【0067】この構成では、上記実施の形態における図1の送信部内の104~106、及び108の各機能が図7に示されるように受信部内に配置されることにより、OSNRの制御が、送信部内ではなく受信部内で実行される。

【0068】この場合に、各信号光のOSNRが、カプラ201の出力を入力とする光スペクトラムアナライザ213によって測定され、各信号光のピークパワーが、カプラ701の出力を入力とするフォトダイオード702によって測定される。CPU212は、各信号光毎に、上記OSNRとピークパワーとに基づいて、アッテネータ105の減衰量(プリエンファシス量)を決定し、各信号光毎のOSNRを調整する。

【0069】図2又は図7のQモニタ210の動作原理について、以下に説明する。

【0062】

【数2】

【0070】Qモニタ210は、信号光を電気信号に変換した後、信号の識別値をアイパターン上のマーク側とスペース側のそれぞれで変化させることにより、雑音の分布を測定し、マーク側とスペース側のそれぞれのエラーレートを測定する。そしてQモニタ210は、この結果得られる2本のエラーレート曲線を直線近似することによって、その2つの特性が交差する点として、Q値を算出する。

【0071】今、信号のアイパターンと雑音分布との関係は、図8のようにモデル化することができる。ここで、 $P_1(X)$ 、 $P_0(X)$ はそれぞれマーク側、スペース側の雑音確率分布関数である。 μ_1 、 μ_0 はそれぞれの分布の平均値で、信号レベルを表わす。 σ_1 、 σ_0 はそれぞれの分布の分散で、雑音のRMS値を表わす。

【0072】ここで、Q値を次式で定義する。

【0073】

【数4】

$$Q = |\mu_1 - \mu_0| / (\sigma_0 + \sigma_1)$$

$$Q_{dB} = 20 \log_{10} \{ |\mu_1 - \mu_0| / (\sigma_0 + \sigma_1) \}$$

次に、 μ_1 、 μ_0 、 σ_0 、 σ_1 の測定法を説明する。

【0074】マーク側のBERと、 μ_1 、 σ_1 、及び D_1 (識別レベル)は、以下の近似式で関係付けられる。

【0075】

$$\text{【数5】 } (\mu_1 - D_1) / \sigma_1 = \phi^{-1}(X) \approx 1.192 - 0.6681X - 0.0162X^2$$

$$X = \log_{10}(\text{BER})$$

スペース側についても同様に、次式が成立する。

【0076】

$$\text{【数6】 } (D_1 - \mu_0) / \sigma_0 = \phi^{-1}(X) \approx 1.192 - 0.6681X - 0.0162X^2$$

$$X = \log_{10}(\text{BER})$$

図9に示されるように、識別レベルを変化させてマーク側、スペース側各2点ずつBERを取得すると、 BER_0' 、 BER_0'' 、 BER_1' 、 BER_1'' 、 D_0' 、 D_0'' 、 D_1' 、 D_1'' が算出される。ここで得られた値を次式で換算することにより、 μ_0 、 μ_1 、 σ_0 、 σ_1 を算出できる。

【0077】

$$\text{【数7】 } \sigma_1 = (D_1'' - D_1') / \{ \phi^{-1}(X_1') - \phi^{-1}(X_1'') \}$$

$$\mu_1 = \{ D_1'' \phi^{-1}(X_1') - D_1' \phi^{-1}(X_1'') \} / \{ \phi^{-1}(X_1') - \phi^{-1}(X_1'') \}$$

$$\sigma_0 = (D_0' - D_0'') / \{ \phi^{-1}(X_0') - \phi^{-1}(X_0'') \}$$

$$\mu_0 = \{ D_0'' \phi^{-1}(X_0') - D_0' \phi^{-1}(X_0'') \} / \{ \phi^{-1}(X_0') - \phi^{-1}(X_0'') \}$$

これらの結果と数4式により、Q値を算出できる。

【0078】

【発明の効果】本発明によれば、伝送特性の最適化のために、各信号光毎に、信号対雑音比の変化と受信側での伝送誤り率の変化との関係が算出され、その算出結果に基づいて、受信側での各信号光間の伝送誤り率が均一になるように各信号光の信号対雑音比が変化させられるため、伝送特性の真の最適化を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態における送信部の構成図である。

【図2】本発明の実施の形態における受信部の構成図である。

【図3】本発明の実施の形態の動作フローチャートである。

【図4】送信側OSNRの可変幅を示す図である。

【図5】送信側信号光のプリエンファシス量を示す図である。

【図6】送信側信号光のプリエンファシス設定を示す図である。

【図7】本発明の他の実施の形態における受信部（受信部でのプリエンファシス設定）の構成図である。

【図8】アイパターンと雑音分布の関係図である。

【図9】識別レベルを可変した場合のエラーレートを示す図である。

【図10】伝送特性の劣化原因の説明図である。

【図11】従来技術におけるプリエンファシスと伝送後

のSNRの関係を示す図である。

【図12】従来技術の送信部の構成図である。

【図13】従来技術の受信部の構成図である。

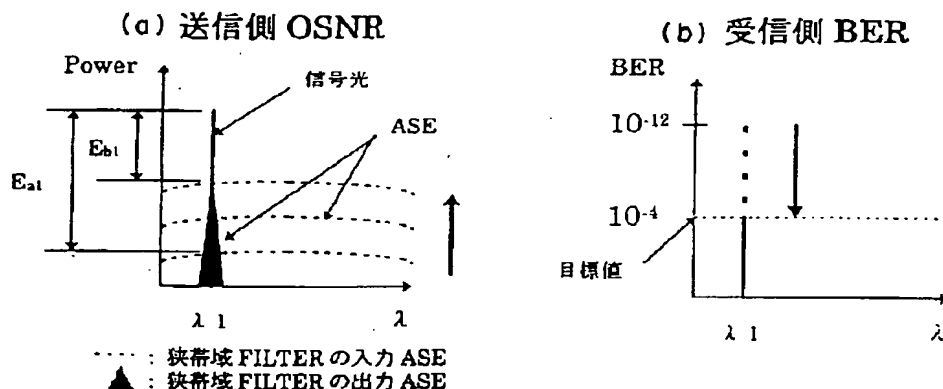
【図14】Q値（伝送特性）とOSNRの関連図である。

【符号の説明】

101	レーザダイオードドライバ
102	レーザダイオード
103、106、111、201、206、701	カプラ
104	ASE出力部
105	アッテネータ
107	ポストアンプ
108	狭帯域フィルタ
109、202	アレイドウェーブガイドグレーティング
110、702	フォトダイオード
112、213	光スペクトラムアナライザ
113、212	CPU
203	フィルタ
204	インラインアンプ
205	分散補償ファイバ
207	光／電気変換器
208	符号誤り検出訂正回路
209	電気信号分離回路
210	Qモニタ
211	BER測定器

【図4】

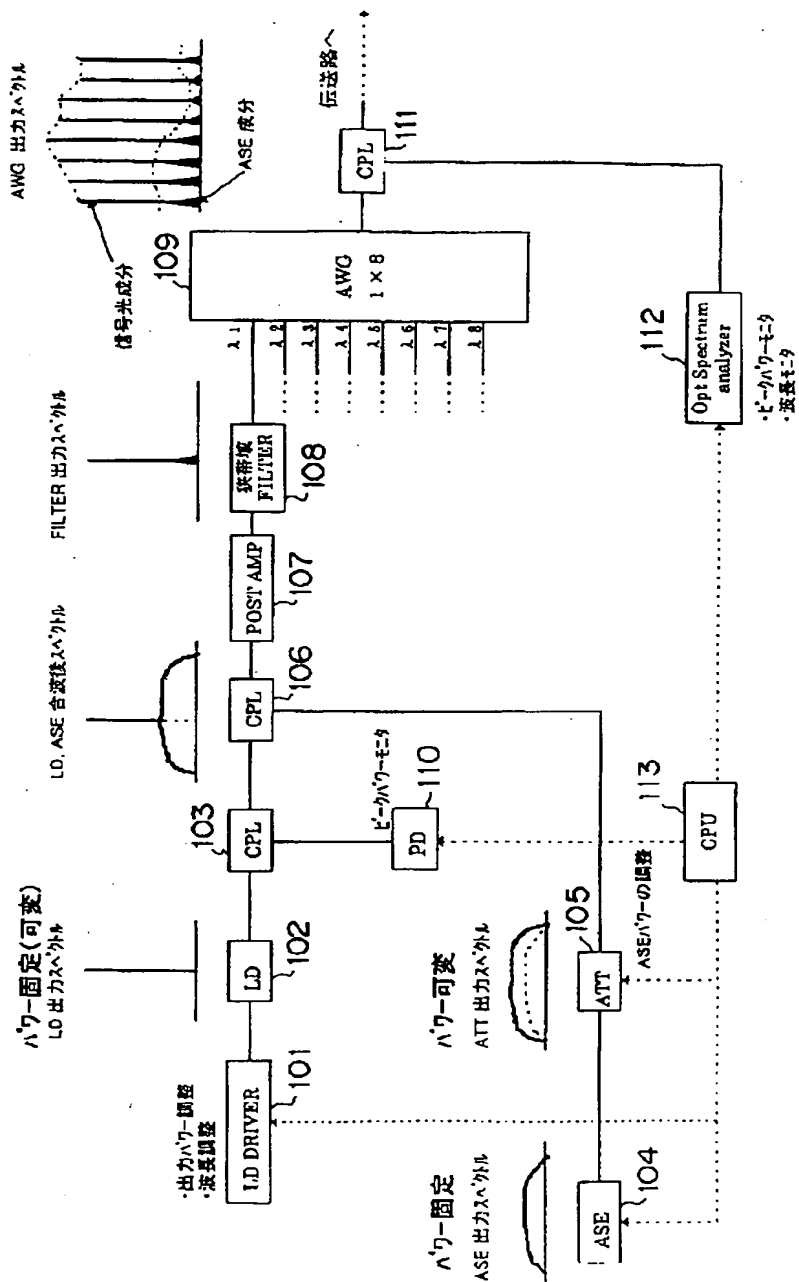
送信側 OSNR の可変幅を示す図



【図1】

【図10】

本発明の実施の形態における送信部の構成図 伝送特性の劣化原因の説明図



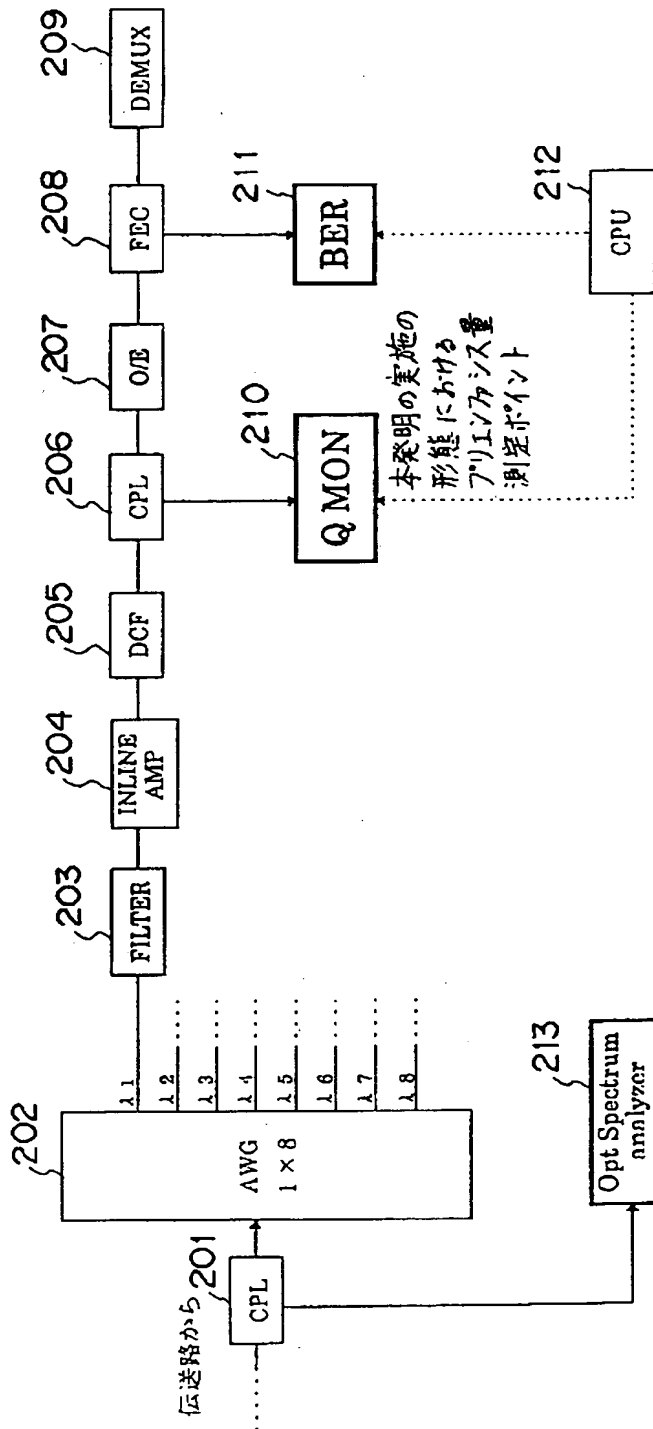
＜送信部＞
・送信波長
・各信号光のパワーバランスによる非線形効果の違い。

＜伝送路＞
・非線形効果
・ファイバ分散

＜受信部＞
・DCF(分散補償ファイバ)の設置
・受光パワーの設定
・受信帯域の帯域

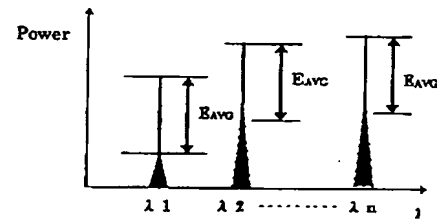
【図2】

本発明の実施の形態における
受信部の構成図



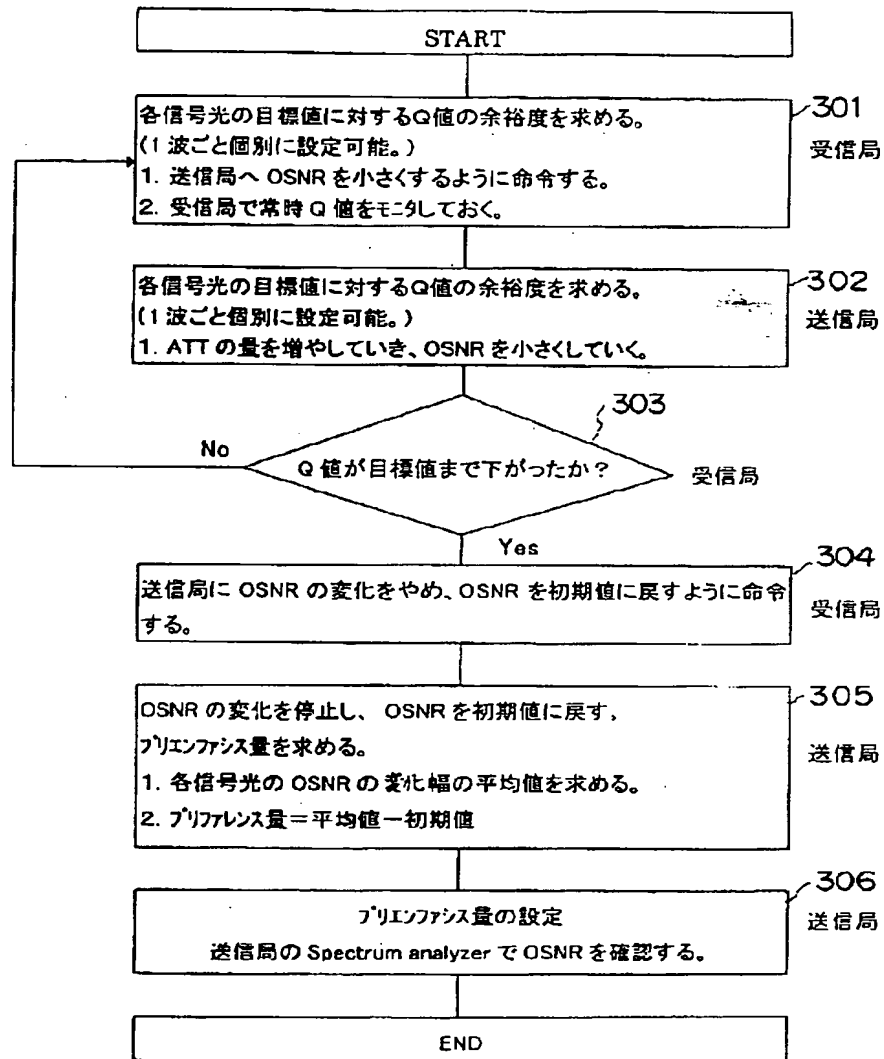
【図6】

送信側信号光のプリエンフィス設定を示す図



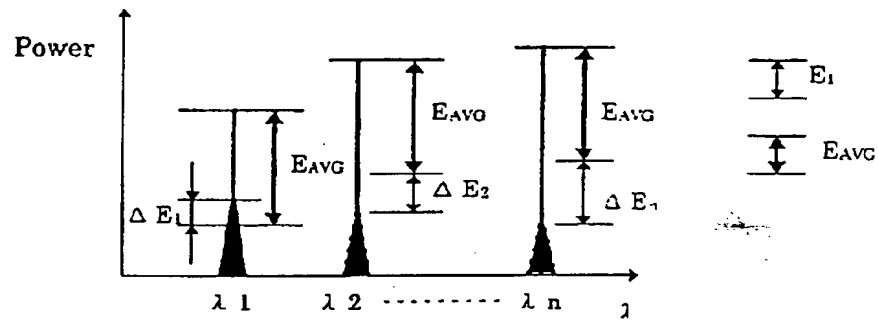
【図3】

本発明の実施の形態の動作フローチャート

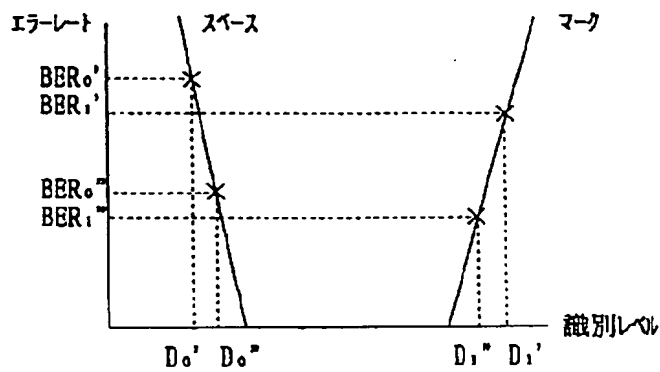


【図5】

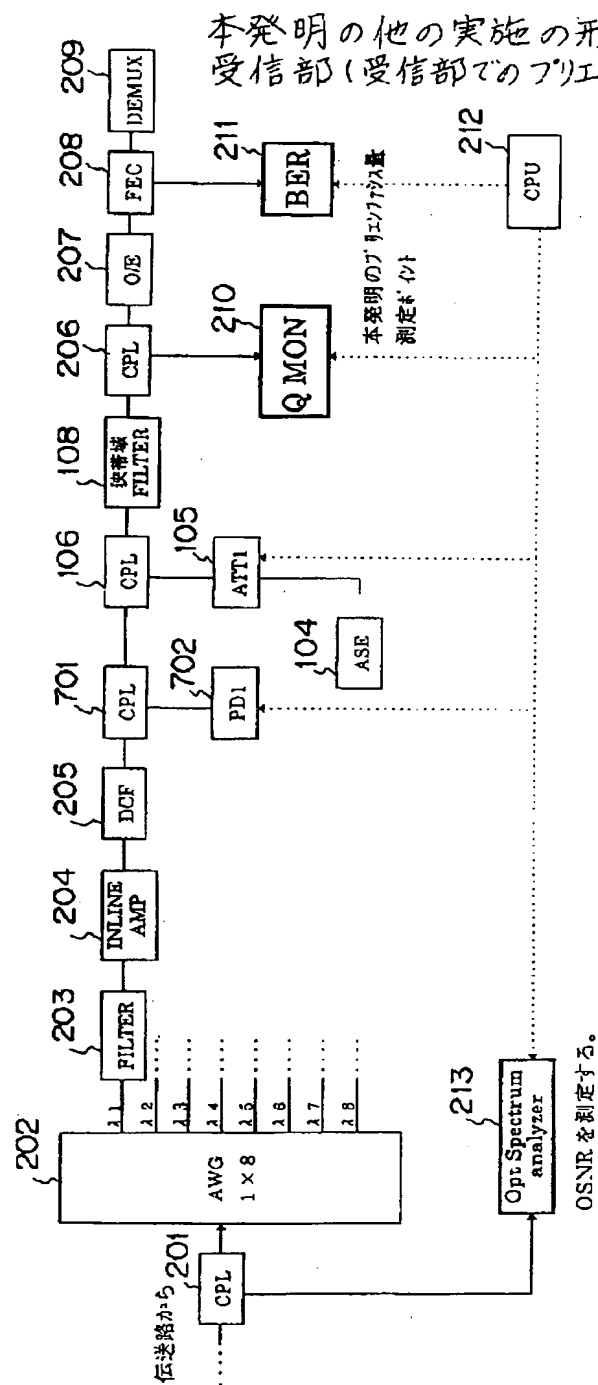
送信側信号光のプリエンファシス量を示す図



【図9】

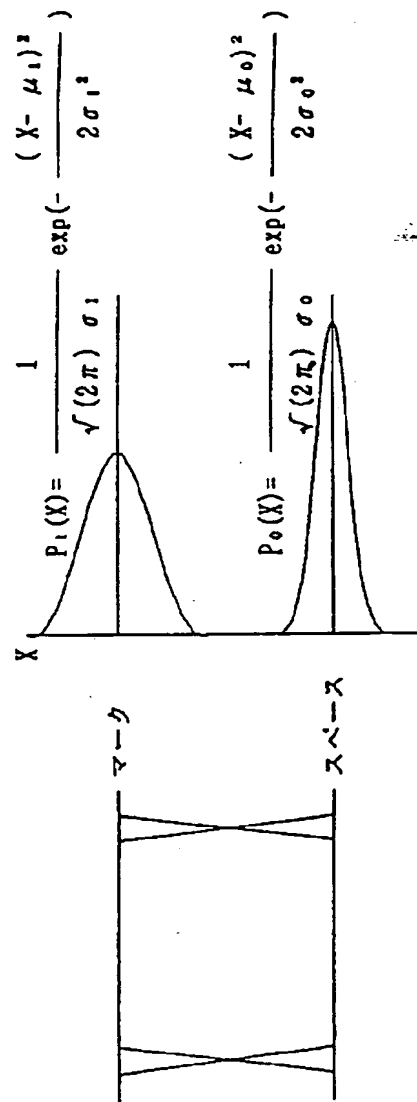
識別レベルを変えた場合の
エラーレートを示す図

【図7】



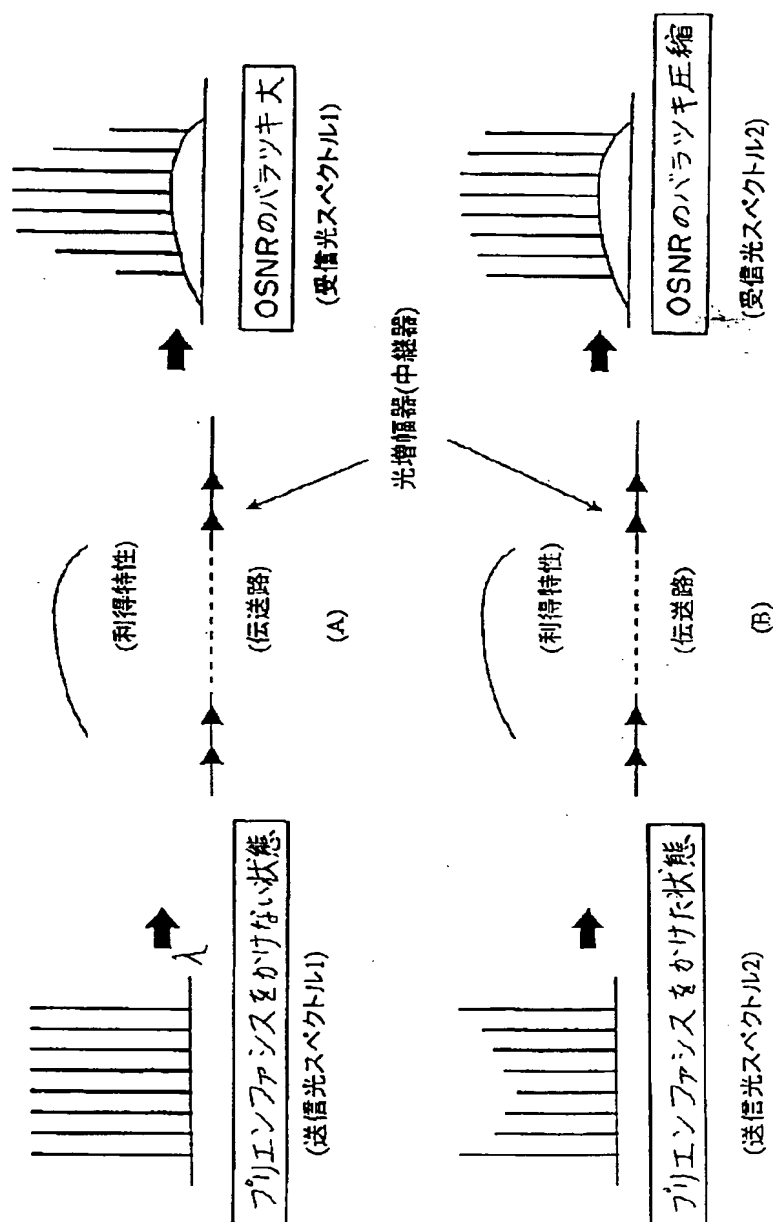
【図8】

アイパターンと雑音分布の関係図



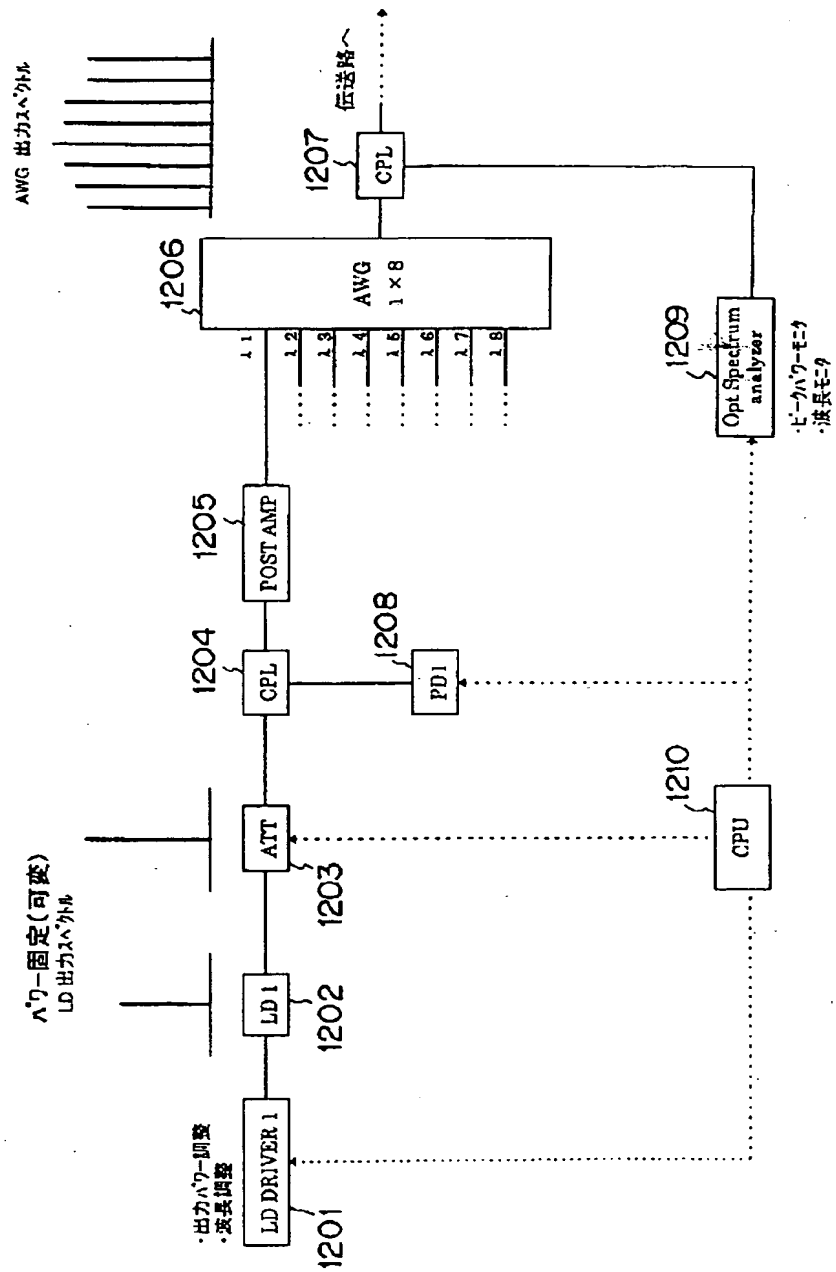
【図11】

従来技術における
プリアンファシスと伝送後の SNR の関係を示す図



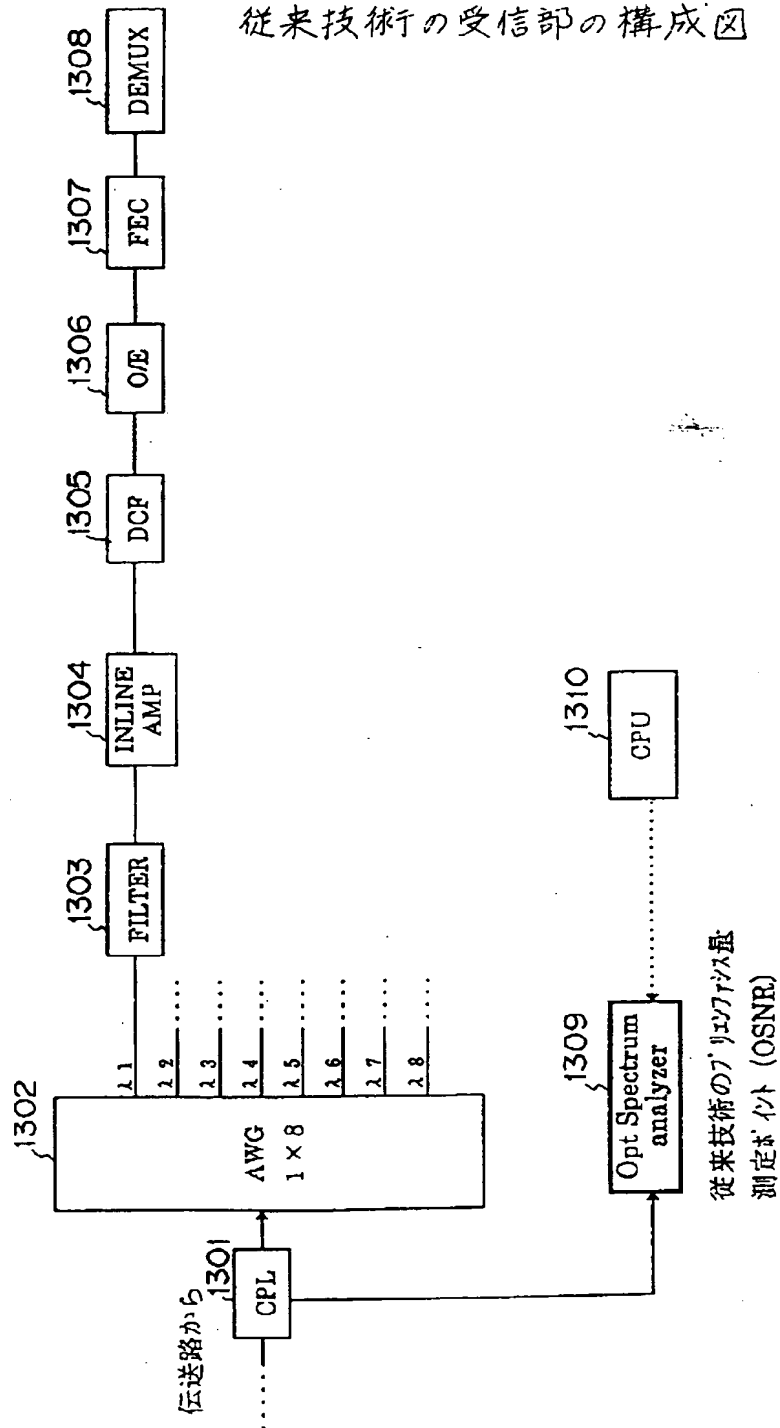
【図12】

従来技術の送信部の構成図



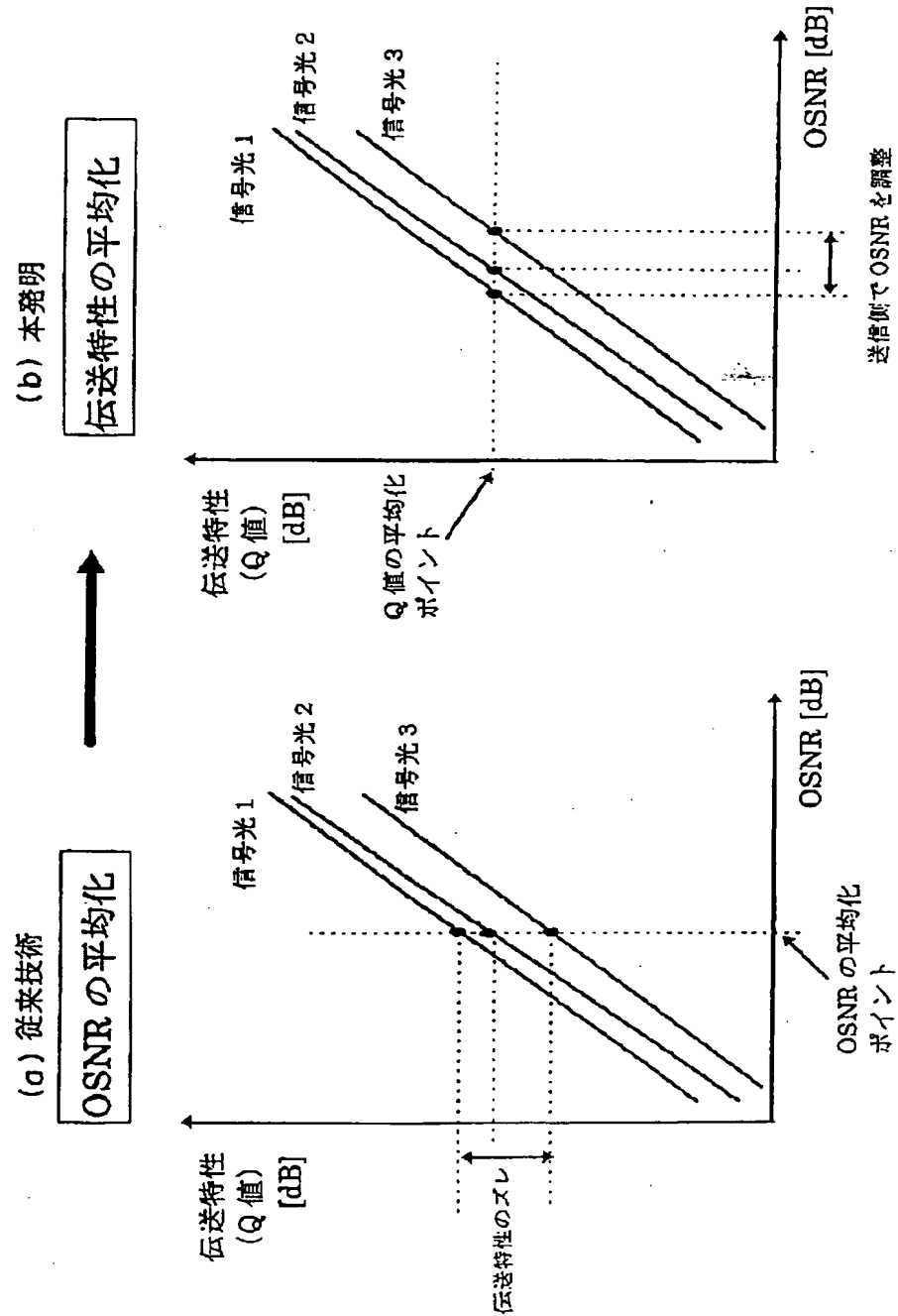
【図13】

従来技術の受信部の構成図



【図14】

Q値(伝送特性)とOSNRの関連図



フロントページの続き

Fターム(参考) 5K002 AA01 AA03 BA13 BA15 CA02
CA08 DA02 DA05 FA01
5K046 AA08 BB05 CC30 DD01 DD13
DD25 DD29
5K052 AA01 AA03 BB14 DD07 EE12
EE13 GG13 GG57